

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Закономерности перераспределения полей внутренних напряжений на участке трубы из стали 12Х1МФ разнородного сварного узла паропровода энергетического котла»

УДК 621.186:621.184.2-034.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Рудаков Роман Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Любимова Людмила Леонидовна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПГС и ПГУ	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
P1	Способность и готовность самостоятельно учиться и развивать свой общекультурный и интеллектуальный уровень, изменять свой научный и научно-производственный профиль в течение всего периода профессиональной деятельности с учетом изменения социокультурных и социальных условий, вести педагогическую работу в области профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1,3; ПК-11), Критерий 5 АИОР (п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Способность проявлять и использовать на практике навыки и умения организации работ по решению инновационных инженерных задач в качестве члена или руководителя группы, нести ответственность, в том числе в ситуациях риска, за работу коллектива с применением правовых и этических норм при оценке и самооценке профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов, проблемных инженерных задач	Требования ФГОС ВО (ОК-2; ОПК-1; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.3., п. 2.4., п. 2.5.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Способность и готовность приобретать и применять новые знания и умения с использованием методологических основ научного познания и библиографической работы с привлечением современных технологий, понимать роль информации в развитии науки, анализировать её естественнонаучную сущность, синтезировать и творчески применять при решении инновационных профессиональных задач	Требования ФГОС ВО (ОК-1,3; ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Способность и готовность проявлять в инновационной деятельности глубокие	Требования ФГОС ВО (ОК-1; ОПК-1), Критерий 5

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте	АИОР (п. 1.1.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной сфере и в обществе в целом, принимать нестандартные решения с использованием новых идей, разрабатывать, оформлять, представлять и докладывать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке	Требования ФГОС ВО (ОК-2,3;ОПК-2,3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Профессиональные компетенции		
P6	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с использованием современных технологий проектирования для разработки конкурентно способных энергетических установок с использованием знаний теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.3.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Способность и готовность ставить и решать инновационные задачи инженерного профиля, анализировать, искать и вырабатывать компромиссные решения с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний в условиях неопределенности, использовать методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-1,2,5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Способность и готовность проводить инновационные инженерные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, формулировать выводы в	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-4,5,6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4, п. 1.6.), согласованный с

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию	требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Способность и готовность оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, с применением современного оборудования и приборов, анализировать и разрабатывать рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации, понимать проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современных технологий по утилизации отходов в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике и научно-техническую политику в этой области	Требования ФГОС ВО (ОПК-1; ПК-7,8,9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Способность и готовность к эффективному участию в программах освоения новой продукции и технологий, использованию элементов экономического анализа в практической деятельности на предприятиях и в организациях, готовность следовать их корпоративной культуре	Требования ФГОС ВО (ПК-9,10), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.1.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Заворин А.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5BM5Б	Рудакову Роману Андреевичу

Тема работы:

Закономерности перераспределения полей внутренних напряжений на участке трубы из стали 12Х1МФ разнородного сварного узла паропровода энергетического котла	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2017 г., №687/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Объект исследования: участок трубы из стали 12Х1МФ разнородного сварного узла паропровода энергетического котла. 2. Материал исследования: энергетическая трубная жаропрочная низколегированная перлитная сталь марки 12Х1МФ. 3. Исследование зависимости перераспределения полей внутренних напряжений от термоциклического нагружения.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Введение (Обоснование необходимости исследований разнородного сварного узла. Актуальность исследований, постановка цели и задач исследования). 2. Обзор литературы по вопросам дефектов сварных соединений, методов контроля сварных соединений, внутренних напряжений. 3. Обоснование методики и методов исследования. 4. Экспериментальные результаты исследования. Обсуждения, выводы и заключения. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность. 7. Заключение.
Перечень графического материала (формата А1)	Графическая часть представляется в форме презентации

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Елена Александровна, ассистент кафедры менеджмента.
Социальная ответственность	Бородин Юрий Викторович, доцент, к.т.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение	
1 Повреждаемость и дефекты сварных соединений	
4.1 Методика эксперимента	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.03.2017 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Любимова Людмила Леонидовна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Рудаков Роман Андреевич		17.03.2017

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация состоит из: 96 страниц, 43 рисунков, 13 таблиц, 28 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: сталь, сварной шов, пароперегреватель, термоциклирование, внутренние структурные напряжения I и II рода, микротвердость.

Исследованы закономерности перераспределения полей внутренних напряжений на участке трубы из стали 12Х1МФ разнородного сварного узла паропровода энергетического котла.

Экспериментальные исследования выполнены с применением рентгеноструктурного анализа на рентгеновском аппарате ДРОН-3.0 и рентгеноспектрального анализа на аппарате EDX-2800. Исследования в области микротвердометрии проводились на аппарате ПМТ-3 по методу Виккерса.

Методика исследований базируется на определении внутренних структурных напряжений I и II рода при помощи рентгенофазового анализа. Установление зависимости между внутренними структурными напряжениями стали и температурой ее нагрева, позволяет выявить причины возникновения дефекта (трещины), ее характер и дальнейшее развитие.

В результате исследований были установлены температуры, при которых возникает и развивается дефект (трещина) в исследуемых образцах, сформулированы рекомендации по проведению послесварочной термообработки в околошовной зоне и зоне термического влияния сварки для данного сварного шва.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ОШЗ – околошовная зона;

ЗТВ – зона термического влияния сварки;

ТЭС – тепловая электрическая станция;

РСА – рентгеноструктурный анализ;

РФА – рентгенофазовый анализ;

E – модуль нормальной упругости, МПа;

d – межплоскостное расстояние, Å;

a – параметр элементарной ячейки, Å;

λ – длина волны рентгеновского излучения, Å;

θ – угол дифракции, градусов;

$\theta_{ц.т}$ – центр тяжести дифракционного максимума, градусов;

ρ – плотность дислокаций, $1/\text{см}^2$;

$B_{0.5}$ – полуширина дифракционной линии, градусов;

$b_{0.5}$ – инструментальная полуширина, градусов;

β – общее физическое уширение дифракционной линии, радиан;

m – уширение – часть общего физического уширения дифракционной линии, обусловленная дисперсностью, радиан;

n – уширение – часть общего физического уширения дифракционной линии, обусловленная микронапряжениями, радиан;

σ_I – макронапряжения I рода, МПа;

σ_{II} – микронапряжения II рода, МПа;

σ_v – временное сопротивление, МПа;

D – средний размер кристаллита, Å.

СОДЕРЖАНИЕ

	С
ВВЕДЕНИЕ	10
1 ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ И ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	12
2 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	20
3 ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ.....	34
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	43
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	97
ПРИЛОЖЕНИЕ А	100
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ В	105
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	149

ВВЕДЕНИЕ

Политика энергетической безопасности является составляющей национальной безопасности страны, в рамках которой предусматривается одновременное решение двух первоочередных проблем.

С одной стороны, одной из них является модернизация морально и физически устаревшей технологической базы на основе создания устойчивой национальной научно-технической и инновационной системы в сфере энергетики.

С другой стороны, стратегическим ориентиром долгосрочной государственной энергетической политики является максимально эффективное использование имеющегося потенциала энергетического сектора, повышение его надежности, безопасности, экономичности и экологичности и его дальнейшая реконструкция.

Реализация данного направления требует надежной оперативной диагностики с учетом научно-обоснованных оценок фактического состояния элементов оборудования. Поэтому создание основ прогнозирования ресурсных характеристик входит в число приоритетов и ориентиров в инновационной и научно-технической политике в энергетике.

Несмотря на то, что теплопередающие системы ТЭС и АЭС проектируются, реконструируются и диагностируются на основе отраслевых стандартов, совершенно очевидно, что их регламент не учитывает в полной мере сложных структурно-атомных процессов, мало изученных флуктуаций свойств материалов, проявляющихся возникновением внутренних структурных напряжений I и II рода, существенно влияющих на ресурсную стабильность. При этом многие особенности разрушения элементов и узлов оборудования котельной и реакторной техники до конца не выяснены.

Очевидно также, что существующие методики при анализе этих явлений не могут соизмерить вклад в процессы разрушения теплообменных конструкций остаточных внутренних напряжений, связанных со структурно-

деградационными процессами, как и их перераспределение под воздействием механических и температурных условий, соответствующих высоким плотностям тепловых потоков. По этим причинам при диагностике остаются без должного внимания и причинно-следственные связи между внутрискруктурными фазовыми изменениями и внутренними структурными остаточными напряжениями, с одной стороны разрушением и ресурсом, с другой стороны.

В этой связи представляется актуальной и перспективной разработка новых подходов к диагностике и прогнозированию ресурса работоспособности сталей и сплавов, отличающихся от известных и основанных на анализе структурно-напряженного состояния в процессе экспериментального моделирования реальных условий эксплуатации.

Цель работы заключается в исследовании закономерностей перераспределения полей внутренних напряжений опасных зон сварного соединения из разнородных сталей (12Х1МФ и 12Х18Н9Т) для повышения их эксплуатационной надежности.

Задачи исследования:

- установление распределения внутренних структурных напряжений I и II рода в процессе термического циклического деформирования
- установление распределения микротвердости в околошовной зоне и зоне термического влияния сварки сварного узла

1 ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ И ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1 Классификация дефектов сварных соединений

Дефекты сварных соединений делятся на 4 основные группы:

- Группа I. Трещины
- Группа II. Поры, газовые полости
- Группа III. Твердые включения
- Группа IV. Несплавления и непровары

1.2 Трещины. Общие положения, классификация [1]

Трещина – это несплошность, вызванная местным разрушением шва и его охлаждением, либо действием нагрузок. Трещины недопустимы при эксплуатации сварных швов, т.к. являются концентратором напряжения и очагом разрушения.

Внешние признаки трещин: разрывы металла по границам кристаллизующихся зерен или по самим кристаллам металла сварного соединения. Дефект виден невооруженным глазом или через лупу небольшого (2 – 4х) увеличения при визуальном контроле. Схематический вид трещин представлен на рис. 1.

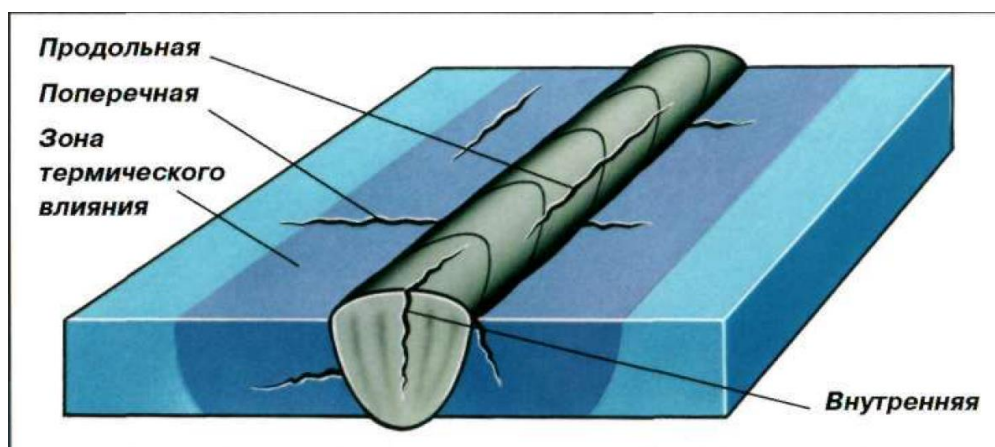


Рис. 1 Основные виды трещин

Горячие трещины возникают в результате растягивающих напряжений, появляющихся во время охлаждения сварного соединения.

Трещины в околошовной зоне или в основном металле относятся к холодным трещинам и имеют закалочное, водородное или смешанное происхождение.

Причинами возникновения трещин являются:

- высокие сварочные напряжения, возникающие при кристаллизации;
- повышенная жесткость свариваемой конструкции;
- неправильная форма шва из-за несоблюдения режима сварки;
- повышенное содержание углерода в основном металле;
- резкое охлаждение конструкции

При классификации, трещины делятся на следующие виды:

- микротрещины (трещины микроскопических размеров, которые обнаруживают физическими методами не менее чем при 10-кратном увеличении);
- продольные трещины (трещины, ориентированные вдоль сварного шва);
- поперечные трещины (трещины, ориентированные поперек сварного шва);
- радиальные трещины (трещины, радиально расходящиеся из одной точки);
- трещины в кратере (трещины, расположенные в кратере сварного шва);
- раздельные трещины (трещины, которые могут находиться в металле сварного шва, в зоне термического влияния, в основном металле);
- разветвленные трещины (группа трещин, возникающая из одной трещины).

1.3 Газовые полости. Общие положения, классификация [1]

Газовая полость – это полость произвольной формы, без углов, образованная газами, задержанными в расплавленном металле. Являются допустимыми в виде одиночного дефекта в неответственных конструкциях. Недопустимы в сварных швах ответственных конструкций, поднадзорных органам технического надзора.

Внешние признаки отсутствуют, так как дефект находится внутри сварного шва. Обнаруживается методом неразрушающего контроля. Схематический вид газовых полостей представлен на рис. 2.

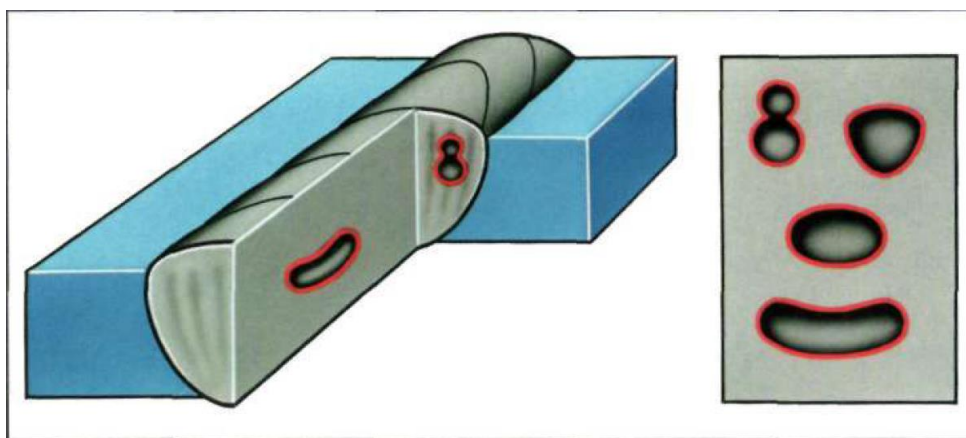


Рис. 2 Газовые полости

Причинами возникновения газовых полостей являются следующие факторы:

- плохая защита сварочной ванны от влияния воздуха;
- неправильный выбор режима сварки;
- сварка с большой длиной дуги;
- недостаточное количество органических компонентов в составе электродного покрытия;
- плохая прокалка электродов;
- некачественная зачистка свариваемых кромок от ржавчины и загрязнений.

Классификация газовых полостей:

- газовые поры (несплошности, образованные газами, задержанными в расплавленном металле. Имеют, как правило, сферическую форму);
- равномерно распределенная пористость (группа газовых пор, равномерно распределенных в металле сварного шва);
- скопление пор (группа газовых полостей (три и более), расположенных кучно, с шагом менее трех максимальных размеров наибольшей из них);
- цепочка пор (ряд газовых пор, расположенных в линию, обычно параллельно оси шва, с шагом менее трех максимальных размеров наибольшей из пор);
- продолговатая газовая полость (несплошность, вытянутая вдоль оси сварного шва. Длина несплошности не менее чем в 2 раза превышает высоту);
- свищи (трубчатая полость в металле сварного шва из-за выделений газа. Форма и положение свища зависят от режима затвердевания и вида газа. Обычно свищи скапливаются и распределяются «елочкой»). Представлены на рис. 3.

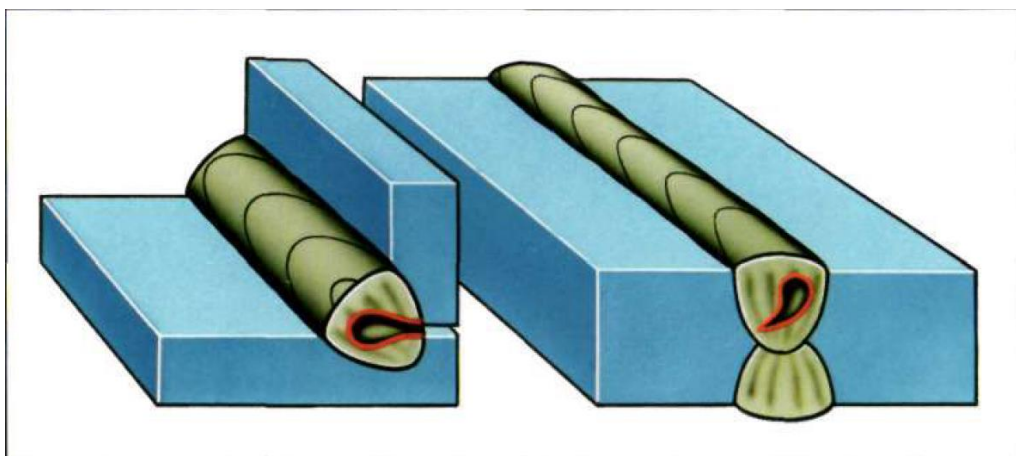


Рис. 3 Свищи

1.4 Твердые включения. Общие положения, классификация [1]

Твердые включения – это твердые инородные вещества металлического или неметаллического происхождения в металле сварного шва. Включения, имеющие хотя бы один острый угол, называются «остроугольными».

Твердые включения недопустимы при эксплуатации сварных швов, поскольку являются концентраторами напряжений.

Внешние признаки отсутствуют, так как дефект находится внутри сварного шва. Обнаруживается методом неразрушающего контроля. Схематический вид твердых включений представлен на рис. 4.

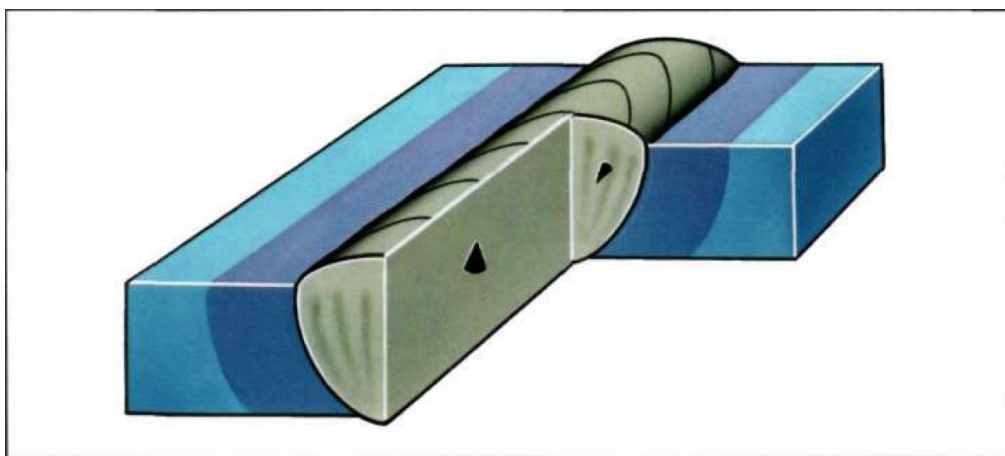


Рис. 4 Твердые включения в сварном шве

Процесс возникновения твердых включений можно описать следующим образом: тугоплавкие частицы инородных металлов и других включений (вольфрам, медь, корунд, кварц и т.д.) фиксируются в сварочной ванне при ее кристаллизации.

Причинами возникновения твердых включений могут быть: эрозия вольфрамового электрода при аргонодуговой сварке; случайное попадание тугоплавких частиц извне в жидкий металл сварочной ванны.

Тугоплавкие включения делятся на следующие виды:

- шлаковое включение (шлак, попавший в металл сварного шва);
- флюсовое включение (флюс в металле сварного шва);
- оксидное включение (оксид металла, попавший в металл сварного шва во время затвердевания);
- металлическое включение (частица инородного металла в металле сварного шва).

1.5 Несплавления. Общие положения.

Несплавление – это отсутствие соединения между металлом сварного шва и основным металлом или между отдельными валиками сварного шва.

Несплавления недопустимы при эксплуатации сварных соединений, так как являются концентраторами напряжений, вызывающими развитие трещин.

Внешние признаки несплавлений отсутствуют, так как дефект находится внутри сварного шва. Обнаруживаются методами неразрушающего контроля. Схематический вид несплавлений представлен на рис. 5.

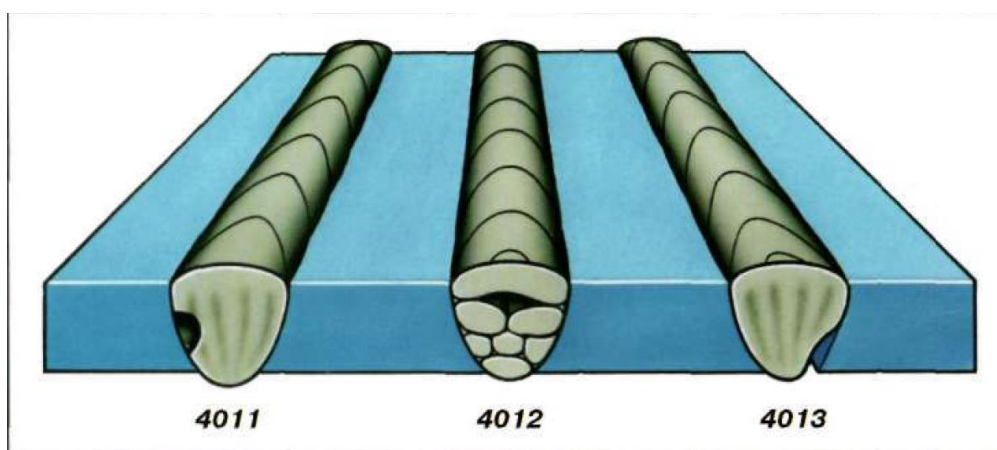


Рис. 5 Несплавления в сварных швах

Процесс возникновения несплавлений в сварных швах можно описать следующим образом: при дуговой сварке дуга не расплавляет часть кромки стыка и не сформировывает шов с ее участием.

Причинами возникновения несплавлений являются:

- неправильная подготовка кромок под сварку (форма и угол разделки);
- плохая зачистка свариваемых кромок;
- плохая подготовка поверхности валиков при многослойной сварке;
- химическая неоднородность металла;
- недостаточная сила тока;
- завышенная скорость сварки;
- низкая квалификация сварщика.

1.6 Непровары. Общие положения.

Непровар – это несплошность по всей длине шва или на его отдельном участке, возникающая из-за неспособности расплавленного металла проникнуть внутрь соединения. Бывает в корне или в сечении шва.

Непровары недопустимы при эксплуатации сварных соединений, так как являются концентраторами напряжений, вызывающими развитие трещин.

Внешние признаки отсутствуют, так как дефект находится внутри сварного шва. Обнаруживается методом неразрушающего контроля. Схематический вид непроваров представлен на рис. 6.

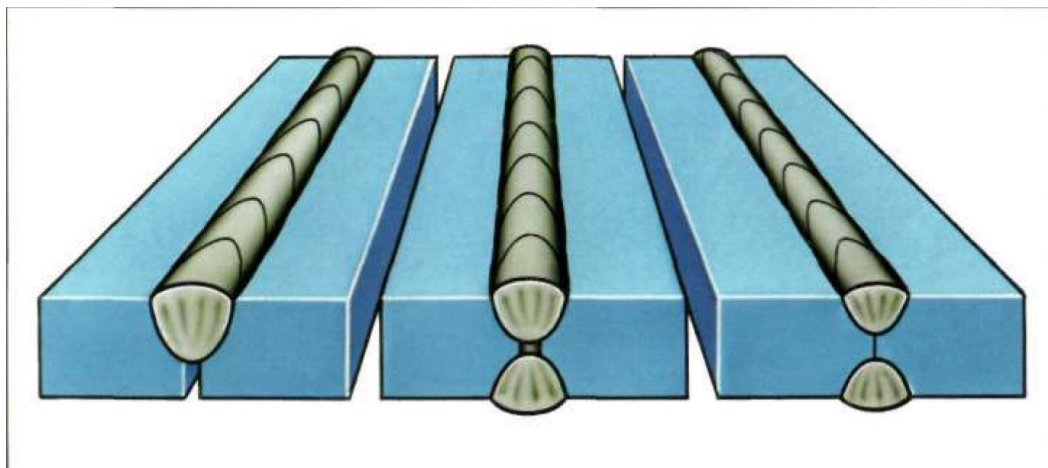


Рис. 6 Непровары в сварных соединениях

Непровары могут возникать в виду того, что сварочная дуга не может расплавить нижнюю кромку разделки и сформировать шов с ее участием. В таком случае, расплавленный металл не проникает к корню соединения.

Причинами возникновения непроваров являются:

- плохая зачистка свариваемых кромок;
- недостаточная сила тока;
- завышенная скорость сварки;
- низкая квалификация сварщика;
- неудобное пространственное положение шва.

2 МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1 Неразрушающие методы контроля

2.1.1 Общие понятия о неразрушающих методах контроля

Одна из основных задач по надежной и безопасной эксплуатации оборудования заключается в обеспечении достоверного контроля сплошности основного металла и сварных соединений ТУОПО.

При контроле применяют разные методы испытаний и исследования металла. Обычно их подразделяют на неразрушающие и разрушающие методы.

Разрушающие методы контроля и исследования связаны с разрушением металла, и их проводят либо на образцах-свидетелях, либо на моделях, либо на вырезках из деталей и узлов, реже на самих изделиях. Эти испытания позволяют получить числовые данные, характеризующие прочность, качество, надежность, оценить макро- и микроструктуру и т.д.

Неразрушающие методы контроля и испытания металлов составляют отдельную группу. Они включают безобразцовые испытания и непосредственно дефектоскопию. Принято, что под термином неразрушающие физические методы контроля понимают виды контроля, обладающие двумя характерными признаками:

1. Они не должны приводить к разрушению (повреждению) контролируемого объекта.
2. Они основаны на взаимодействии физических полей или веществ с дефектами.

Согласно ГОСТ 18353, в основу классификации методов НК положен физический процесс с момента взаимодействия физического поля или

вещества с контролируемым объектом до получения первичной информации [2].

2.1.2 Классификация методов неразрушающего контроля

В основу классификации методов неразрушающего контроля (НК) положены физические процессы взаимодействия физического поля с объектом контроля. По физическим явлениям, на которых эти методы основаны, выделяют одиннадцать видов НК: визуально-измерительный (ВИК), акустический, радиационный, магнитный, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, проникающими веществами (капиллярный), течеисканием и электрический.

2.1.3 Визуально-измерительный контроль

Техническое диагностирование объектов повышенной опасности следует начинать всегда с визуально-измерительного контроля; как мы уже отмечали, только после визуального осмотра объекта можно оценить общее состояние оборудования, выбрать узлы и детали, которые по внешнему виду внушают некоторые сомнения по возможности их дальнейшей эксплуатации, определить дефектоскопическую технологичность и предложить методы НК.

Глаз человека является основным прибором при контроле для обнаружения различных поверхностных дефектов в сварных соединениях и в основном металле, обнаружения отклонений формы и размеров, остаточных деформаций, коррозионных повреждений и т.д.

Визуальный контроль с применением оптических приборов называют визуально-оптическим. Его применяют для выявления различных поверхностных дефектов в труднодоступных местах.

При контроле используют оптические приборы, создающие полное изображение контролируемого участка. Однако визуально-оптический метод контроля имеет невысокую чувствительность, поэтому этот метод применяется исключительно для обнаружения крупных поверхностных

дефектов, следов течей, остаточных деформаций, повреждения конструкций, для анализа и типа дефектов, обнаруженных при контроле каким-либо методом НК.

В связи с применением оптических приборов значительно сокращается поле зрения и глубина резкости, снижаются производительность и надежность контроля. В основном применяют оптические приборы с увеличением в 10–30 раз. Визуальный контроль применяется в дополнение к капиллярным методам контроля.

Для контроля внутренних поверхностей относительно полых деталей, например, деталей энергооборудования, корпусов различных машин и механизмов и т. д., применяют перископические дефектоскопы типа ПД-60, ПДК-60. Прибор ПД-60 предназначен для осмотра внутренних поверхностей труб диаметром более 35 мм, глубиной до 900 мм с увеличением в 4 раза. Перископический дефектоскоп ПДК-60 коленчатый, имеет два кольца, которые позволяют изменять ход лучей на угол в $90^{\frac{3}{4}}$, его применяют тогда, когда из-за сложности конструкции невозможен контроль другими приборами.

Семейство приборов РВП (РВП-497, РВП-469, РВП-479) позволяет контролировать трубы и другие объекты диаметром до 870 мм и длиной до 16,5 м с увеличением до 15 раз.

В последнее время все шире стали применять новое поколение приборов – эндоскопов. Это приборы с гибкими телескопическими оптическими жгутами (ГОВЖ). Жгуты представляют собой пачку гибких стеклянных волокон с высокими показателями преломления и коэффициентом светопропускания.

Разработано довольно много моделей и модификаций эндоскопов, и жгуты в настоящее время изготавливают не только из стекла, но и из новых материалов. С 1996 года для объектов повышенной опасности в России

введена в действие инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 34.10.130-96). Действие РД распространяется на визуальный и измерительный контроль (ВИК) качества: основного материала (полуфабрикатов, заготовок, изделий); подготовки деталей к сварке, сборки соединений деталей (изделий) под сварку; сварных соединений и наплавов; изготовления деталей и сборочных единиц; исправления дефектов в сварных соединениях и основном металле, который проводится на стадиях входного контроля основного материала, изготовления, монтажа, ремонта деталей, сборочных единиц и изделий.

С 2003 года для технических устройств в России действует вновь введенная Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03-606-03, прил. 1), которая устанавливает обязательные требования к организации и порядку производства работ по ВИК, включая требования к подготовке, аттестации персонала, средствам контроля организации работ, регистрации результатов контроля и т. д.

2.1.4 Радиационный метод контроля

Область применения радиационного метода в последнее время несколько снижается, но, однако он незаменим при контроле крупных литых деталей, толстостенных заготовок и сварных соединений. Одним из главных достоинств метода является наличие реального документа контроля – рентгеновского снимка, где четко показано наличие дефекта либо его отсутствие [3].

В основу применения радиационных методов контроля положено свойство проникающих излучений (рентгеновского и гамма-излучений) проходить через непрозрачные для видимого света тела. Сущность радиационной дефектоскопии заключается в измерении интенсивности излучения после прохождения его через изделие (рис. 7).

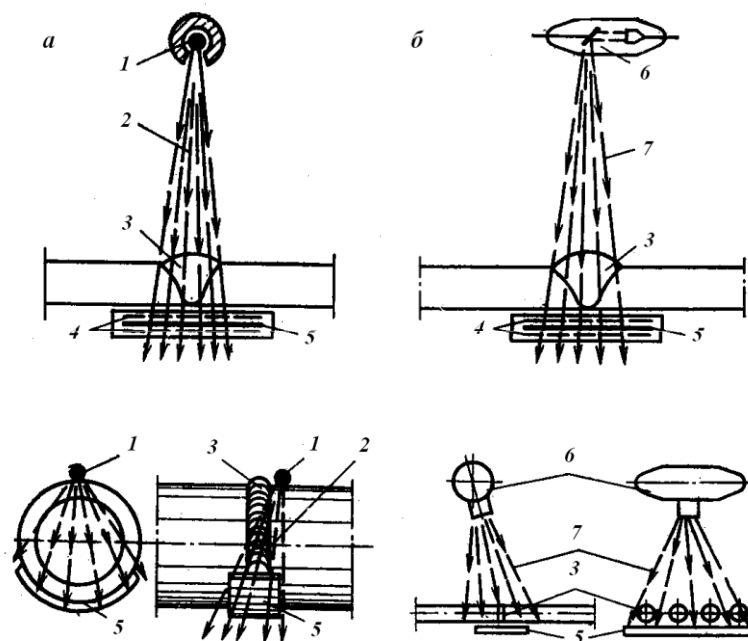


Рис. 7 Схема контроля металла методами радиационной дефектоскопии:

а – просвечивание гамма-лучами; б – просвечивание рентгеновскими лучами; 1 – ампула с изотопом; 2 – гамма-лучи; 3 – сварной шов; 4 – усиливающий экран; 5 – рентгеновская пленка; 6 – рентгеновская трубка; 7 – рентгеновские лучи

2.1.5 Магнитные методы контроля

Магнитными методами контролируют детали из ферромагнитных материалов. При этом выявляют поверхностные и подповерхностные дефекты типа трещин с раскрытием до 1мм, подрезы, непровары в сварных соединениях и металлургические дефекты типа волосовин и др.

Магнитные методы дефектоскопии основаны на следующем принципе: магнитный поток, проходя в однородном металле детали, без резких изменений ее сечения не изменяется на границе перехода «деталь-воздух» (рис. 8, а). При наличии в контролируемом изделии несплошности, в зоне дефекта образуется участок с резкоизменяющейся магнитной проницаемостью, вследствие чего происходит перераспределение магнитного потока. Часть потока при этом выходит на поверхность, образуя поле дефекта и создавая в месте дефекта на поверхности детали локальные магнитные полосы.

При нарушении сплошности, в районе дефектного участка часть магнитного потока перераспределяется, а в бездефектной зоне первоначальный магнитный поток остается неизменным, к нему добавляется часть перераспределенного потока, который направляется по трем путям: через воздушные пути над дефектом, непосредственно через дефект и по металлу под дефектом (рис. 8, б).

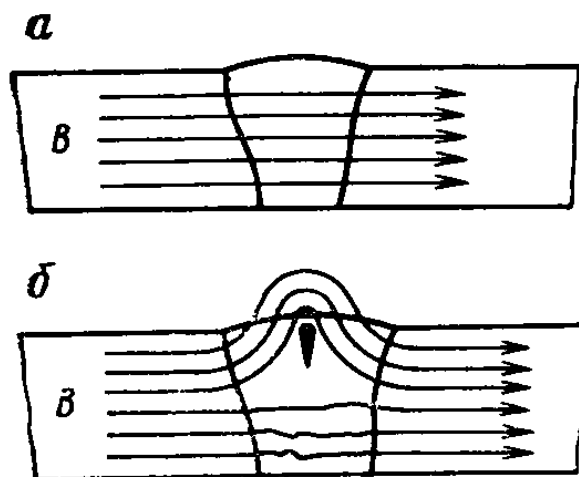


Рис. 8 Распределение магнитного потока B по сечению качественного (а) и дефектного (б) сварных швов

Чем меньше дифференциальная магнитная проницаемость материала в рабочей точке на кривой намагниченности и больше магнитное сопротивление дополнительному потоку под дефектом, тем меньшая часть этого дополнительного потока пройдет через металл в бездефектной части детали под дефектом и, следовательно, тем большая часть его пройдет через воздушные пути над дефектом.

То же самое происходит и с нормальной магнитной проницаемостью; чем меньше магнитная проницаемость материала изделия, тем больше его магнитное сопротивление и тем большая часть выйдет на поверхность изделия над дефектом [4]. Для получения оптимального поля дефекта контролируемое изделие должно иметь достаточно высокую индукцию.

В магнитопорошковой дефектоскопии для выявления дефектов применяют тонкий ферромагнитный порошок, частицы которого

притягиваются полем дефекта, образуя видимый глазом валик порошка. Интенсивность оседания порошка зависит от величины поля дефекта, которая определяется магнитными характеристиками материала изделия и напряженностью намагничивающего поля.

Детали обычно намагничивают с помощью специальных приборов – дефектоскопов. Дефектоскопы, применяемые при МПД, делят на универсальные и специализированные. Как те, так и другие могут быть стационарными, передвижными или переносными.

В соответствии с ГОСТ 21105 в зависимости от магнитных свойств материалов, размеров и формы контролируемого изделия, а также оборудования, используемого для намагничивания, применяют два способа контроля: способ приложенного магнитного поля и способ остаточной намагниченности.

При способе приложенного магнитного поля намагничивание начинается раньше или одновременно с моментом нанесения порошка или магнитной суспензии. Контроль способом остаточной намагниченности заключается в предварительном намагничивании изделия и последующем нанесении на него порошка либо суспензии. Оседание порошка происходит в зоне дефекта при отсутствии внешнего намагничивающего поля.

2.1.6 Капиллярные методы контроля

Одним из наиболее распространенных методов контроля качества металла и сварных соединений ТУОПО является капиллярная дефектоскопия (КД).

КД предназначена для определения мест расположения поверхностных дефектов с открытой полостью, их направления, протяженности, характера развития.

Методы КД позволяют выявлять дефекты с раскрытием до одного микрона и с протяженностью, соизмеримой со средним размером зерна

металла. КД основана на капиллярном проникновении индикаторных пенетрантов в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного следа от дефекта тем либо иным способом. Пенетрант – специальное светоцветоконтрастное вещество.

Методы КД подразделяются:

- яркостный (ахроматический) метод проникающих растворов, применяемые материалы – керосин, проявитель, мел;
- цветной (хроматический) метод проникающих растворов, материалы – пенетрант, образующий после проявления красный след;
- люминесцентный метод, для выявления дефектов применяют специальные ультрафиолетовые установки и лампы;
- люминесцентно-цветной метод, приборы и материалы – совместное применение материалов и оборудования для цветной и люминесцентной дефектоскопии;
- капиллярно-электростатический метод, здесь используют электростатическую установку и пенетрант (ионогенная жидкость);
- капиллярно-электроиндукционный метод, применяют электроиндукционную установку и электропроводящие жидкости или органические растворители;
- капиллярно-магнитопорошковый метод, используют прибор МПД и пенетрант (ферромагнитный порошок);
- капиллярно-радиационный метод поглощения, применяют источник радиационного излучения и пенетрант (оптически плотные жидкости);
- капиллярно-радиационный метод контроля, приборы и материалы – источник радиационного излучения и радиоактивный пенетрант.

Капиллярная дефектоскопия основана на проникновении индикаторных пенетрантов в полости дефектов, сорбции и диффузии, яркостном и цветном контрастах дефектоскопических материалов.

2.1.7 Акустический метод

Акустический метод неразрушающего контроля заключается в регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в объектах.

Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний $f \geq 20$ кГц). Этот метод называют еще ультразвуковым. К акустическим методам относится акустическая эмиссия, когда в изделии возникают упругие колебания вследствие перестройки структуры, зарождения и развития дефектов, коррозионного растрескивания, пластического деформирования и др.

В зависимости от вида акустического метода (ультразвуковая дефектоскопия, акустическая эмиссия) информативными признаками являются: амплитуда, фаза, время распространения, число импульсов, амплитудно-частотный спектр, плотность сигналов и др.

2.2 Разрушающие методы испытаний

2.2.1 Общие понятия и классификация разрушающих испытаний

При выполнении работ по контролю качества сварных соединений, при проведении технического диагностирования потенциально-опасного оборудования на различных этапах его жизненного цикла довольно часто кроме результатов неразрушающего контроля необходимо иметь информацию о механических характеристиках материала, которые практически невозможно определить существующими методами без исследования вырезки металла непосредственно из объекта (сварного соединения)

Для исследования существует большое разнообразие различных методов и средств разрушающих испытаний. Рассмотрим лишь те, которые нашли наиболее широкое применение при контроле качества сварных соединений и техническом диагностировании.

В общем виде разрушающие испытания подразделяются:

- на статические, циклические и динамические испытания металлов;
- определение сопротивления разрушению;
- методы определения модулей упругости и специальные испытания.

2.2.2 Статические механические испытания

При статических испытаниях определяют свойства, характеризующие: упругость; сопротивление начальным пластическим деформациям; сопротивление значительным пластическим деформациям; пластичность. Для полного выявления механических свойств испытания проводят при различных способах нагружения (растяжение, кручение, сжатие, изгиб и т.п.).

Испытания на растяжение являются основным и наиболее распространенным методом исследования и контроля механических свойств металлов. Использование этого метода для арбитражных и контрольных испытаний регламентируется государственным стандартом.

Испытания на растяжение проводят на разрывных или универсальных машинах либо на прессах с применением реверсоров. ГОСТ 1497 регламентирует основные требования к испытательным машинам, содержит необходимые указания о форме и размерах образцов, определения понятий условного предела пропорциональности $\sigma_{пр}$, условного предела упругости $\sigma_{0,05}$, пределов текучести (условного $\sigma_{0,2}$ и физического σ_T), временного сопротивления (предела прочности) σ_B , истинного сопротивления разрыву S_k , относительного удлинения δ и относительного сужения ψ и, наконец, порядок проведения испытаний и расчета перечисленных характеристик.

В исследовательских целях испытания на растяжение применяют значительно шире, чем предусмотрено ГОСТом. Это испытание применяют для оценки однородности свойств металла различных плавок, полуфабрикатов, идентичности режимов термической обработки деталей и др.

Отмечают [5], что самый элементарный контроль по временному сопротивлению и удлинению позволяет получить широкую информацию о свойствах испытываемого материала, оценить его способность к равномерной и сосредоточенной деформации, а также, при условии записи диаграммы деформации, работу деформации и разрушения при статической нагрузке.

2.2.3 Циклические испытания

Значительная часть объектов повышенной опасности длительное время эксплуатируется в сложных напряженных условиях при знакопеременных нагрузках (грузоподъемные краны, подъемники, вышки, лифты, мосты и др.).

Под действием циклически изменяющихся переменных напряжений (деформаций) происходит процесс постепенного накопления поврежденности, приводящий к критической степени искажения кристаллической решетки в отдельных зернах, к созданию локальных пиковых напряжений, к образованию зародышевых трещин, их развитию и окончательному разрушению объекта.

Разрушение металла под действием знакопеременных нагрузок называется усталостью; сопротивление этому разрушению – циклической прочностью, или выносливостью. Испытания на усталость проводят при знакопеременных напряжениях. При этом амплитуда циклического изменения напряжений соответствует зависимости

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}.$$

Под коэффициентом асимметрии цикла r понимают отношение минимального напряжения к максимальному с учетом знака напряжений. Среднее напряжение цикла рассчитывается как среднее арифметическое алгебраических величин максимального и минимального напряжений. Алгебраическая разность между максимальным и минимальным напряжениями называется размахом напряжений, который равен удвоенной амплитуде.

При циклических испытаниях на усталость обычно определяют следующие характеристики: предел выносливости, усталостную долговечность, чувствительность к концентрации напряжений, влиянию среды, температуры, частоты, асимметрии цикла и величины среднего напряжения цикла, к перегрузкам, масштабному фактору. Оценивают степень поврежденности металла, скорость роста трещин, длительность инкубационного периода до появления трещин и длительность периода живучести.

По результатам испытаний на усталость проводят:

- построение кривой усталости и определение предела выносливости;
- построение диаграмм предельных напряжений и предельных амплитуд с учетом различных коэффициентов асимметрии цикла;
- определение предела выносливости для заданного уровня вероятности разрушения.

Обычно испытывают 6–10 образцов при симметричном цикле при различных напряжениях.

2.2.4 Динамические испытания

Довольно часто многие технические устройства объектов повышенной опасности во время длительной эксплуатации испытывают различные динамические нагрузки. Динамический процесс деформации или разрушения может возникнуть как вследствие резкого возрастания внешней

нагрузки, так и вследствие резкого понижения сопротивления разрушению, например, при хрупком разрушении.

Увеличение скорости нагружения изменяет свойства металла. Материалы с близкими характеристиками прочности и пластичности, определенными при статических испытаниях на растяжение, могут резко отличаться своим поведением в условиях динамического нагружения [6]. Динамические испытания на ударный изгиб выявляют склонность металла к хрупкому разрушению. Ударная вязкость KC представляет собой отношение полной работы, расходуемой на динамическое разрушение образца, к рабочей площади поперечного сечения:

$$KC = \frac{K}{F_0},$$

где K – работа разрушения образца при ударе; F_0 - площадь образца.

Согласно ГОСТ 9454, ударная вязкость обозначается KCU , KCV и KCT . Буквы KC обозначают символ ударной вязкости, буквы U , V и T – вид концентратора напряжений.

При выборе, приемочном или входном контроле металлов обычно применяют образцы с U -образным надрезом, в случае испытаний металлов для ответственных конструкций и при техническом диагностировании рекомендуется применять образцы с V - и T -образными надрезами.

Форма и размеры образцов для определения ударной вязкости приведены на рис. 9.

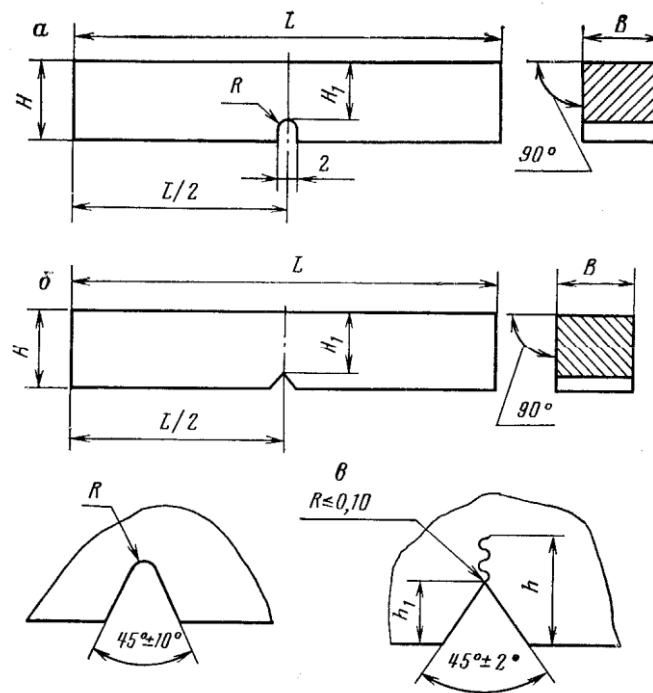


Рис. 9 Образцы для испытания на ударную вязкость с *U*-образным (а), *V*-образным (б) надрезами и с трещиной (в)

3 ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

3.1 Общие понятия о внутренних напряжениях

Остаточными (внутренними) напряжениями называются напряжения, уравнивающиеся внутри тела без приложения к нему внешних сил. Они существуют в теле и после удаления вызвавших их причин.

Остаточное напряжение возникает в материале в процессе его термообработки, переходе из жидкого состояния в твёрдое, при механической обработке, сварке и др. Остаточные напряжения в пластмассе, металле, стекле присутствуют всегда. Причиной возникновения остаточных напряжений является неоднородность деформированного состояния твердого тела из-за различного изменения в разных местах его длины или объема.

Возникновение остаточных напряжений при переходе материала из жидкого состояния в твердое объясняется тем, что затвердевание начинается в поверхностных слоях и сопровождается усадкой. опережение затвердевания наружного слоя приводит к возникновению в нем внутренних напряжений растяжения. [7]

3.2 Классификация внутренних напряжений

Различают три вида остаточных напряжений:

1. Напряжения первого рода (σ_I) или макронапряжения, уравнивающиеся в объемах, соответствующих размерам изделия. Эти напряжения возникают вследствие неоднородности силового (неоднородная пластическая деформация), температурного (неравномерное охлаждение или нагрев) или материального (например, неравномерность концентрации) поля внутри тела. Они определяются рентгеновским методом (по смещению интерференционных линий на рентгенограмме)
2. Напряжения второго рода (σ_{II}) – иначе кристаллитные, или микронапряжения, уравнивающиеся в объемах,

соответствующих размерам кристаллов. Эти напряжения определяют только рентгеновским методом по размытию интерференционных линий на рентгенограмме.

3. Напряжения третьего рода, иначе искажения кристаллитных решеток, уравнивающиеся в объемах, соизмеримых с размерами элементарной ячейки. Эти искажения определяются также только рентгеновским методом – по ослаблению интенсивности линий высшего порядка отражений и по усилению диффузионного фона.

3.3 Зональные напряжения (макронапряжения I рода)

Остаточные напряжения первого рода, или макронапряжения, если они имеются в изделии, могут оказаться вредными для него. В зависимости от величины остаточных напряжений в различных участках изделия оно начинает упруго деформироваться, т.е. в нем появляется коробление. Это явление особенно характерно для крупных литых изделий.

Остаточные напряжения, складываясь с напряжениями, возникающими от внешних сил, могут изменять эксплуатационную прочность изделий. С этой точки зрения они могут быть как полезными, так и вредными, а именно: они могут вычитаться или складываться с напряжениями, вызванными внешними силами, кроме того макронапряжения могут придавать металлу хрупкость и уменьшать его коррозионную стойкость.

Закон, по которому распределяются остаточные напряжения при пластической деформации или после термической обработки, не всегда ясен. Но как они возникают при пластической деформации металла, легче всего проследить на примере изгиба призматического стержня.

Диаграмма нормальных напряжений (рис. 10) выражается кривой *abc*, причем участки *ab* этой диаграммы, соответствующие упругой деформации,

будут прямолинейными, а участки bc , соответствующие пластической деформации, - криволинейными.

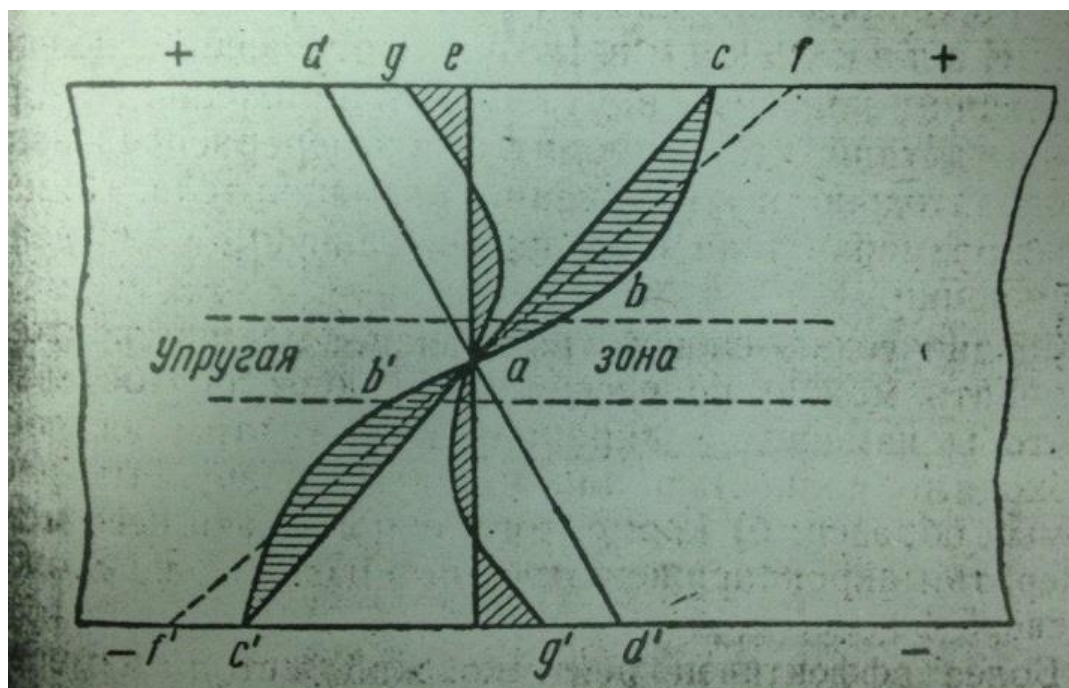


Рис. 10 Диаграмма нормальных напряжений при изгибе призматического стержня и эпюра остаточных напряжений

Эта кривая представляет собой в условном масштабе диаграмму растяжения.

Если снять нагрузку, приводящую к изгибу, то брусок начнет выпрямляться; деформации, вызывающие выпрямление, будут лишь упругими. Они изменяются по закону треугольника ade . Этот треугольник придется все время вычитать из диаграммы abc . Деформация закончится в тот момент, когда упругие напряжения, изображенные прямой ad , уравновесят напряжения abc . Эпюра результирующих напряжений, которые и являются макронапряжениями, представлены кривой gag' . Образование макронапряжений при волочении и прокатке происходит по более сложному закону.

Экспериментальных способов измерения макронапряжений существует только два: механический и рентгеновский. Механический

способ был впервые разработан Н.В. Калакуцким в 1887 г. Этот способ основан на нарушении равновесия внутренних напряжений, т.е. разрезании детали, что приводит к их перераспределению, а, следовательно, и к изменению размеров тела. По изменению размеров тела и судят о величине внутренних напряжений.

Механический способ измерения макронапряжений применять можно не всегда из-за двух обстоятельств:

1. Чтобы измерить макронапряжения этим способом, необходимо полностью или частично разрушать исследуемый образец;
2. Кроме того, с помощью него можно измерить макронапряжения лишь у изделий, не сложных по своей форме.

Более эффективен рентгеновский метод измерения макронапряжений. Еще в 1929 г. с помощью экспериментов Г.И. Аксенов доказал, что при отражении рентгеновских лучей от плоскостей атомной решетки образца поликристаллического вещества, находящегося в упругонапряженном состоянии, на рентгенограмме происходит смещение интерференционных линий. Этот эксперимент и послужил поводом для разработки метода определения напряжений с помощью рентгеновских лучей.

По сравнению с механическим методом рентгеновский метод имеет ряд существенных преимуществ, к числу которых в первую очередь нужно отнести то, что исследуемое изделие сохраняет свою форму и размеры, если ограничиться измерением напряжений лишь на его поверхности, где они обычно и достигают наибольшей величины.

Кроме того, рентгеновским методом можно измерять напряжения на очень маленьких участках (приблизительно 1 мм^2) исследуемого образца, что важно при наличии резких градиентов напряжения. Преимуществом этого метода является и то, что с помощью его выявляются только упругие деформации, в то время как с помощью механического метода выявляется

суммарный эффект от упругих и пластических деформаций, что приводит часто к большим недоразумениям. То, что рентгеновский метод выявляет только упругие деформации, позволяет использовать его и для экспериментальной проверки весьма трудно разрешаемых задач по расчету упругих напряжений при наличии пластической деформации.

Однако рентгеновский метод имеет и свои недостатки. С его помощью макронапряжения можно измерить довольно точно только в том случае, когда на рентгенограммах исследуемого образца получаются резкие дифракционные линии. Изделия, закаленные или пластически деформированные, четких интерференционных линий на рентгенограммах не дают, поэтому точность определения макронапряжений в таких практически важных случаях сильно снижается.

Если линии на рентгенограмме размыты, то положение интерференционных линий определяется по микрофотограммам или по расстоянию между максимумами интенсивности, определенными ионизационным методом. [7]

3.4. Внутренние микронапряжения (микронапряжения II рода)

Некоторое представление о возникновении микронапряжений можно получить из следующих рассуждений. Два кристалла поликристаллического образца, находящихся рядом, всегда различно ориентированы по отношению друг к другу и к направлению действующих сил.

При растяжении (после разгрузки) на заданную длину из-за наличия анизотропии они будут иметь и различную остаточную деформацию. Так как между кристаллами существует взаимная связь, то один из них будет упруго растянут, а другой сжат; следовательно, между этими кристаллами возникнут внутренние напряжения, которые и приведут к изменению межплоскостных расстояний в атомной решетке, как это имело место и при макронапряжениях. Но деформация может быть неоднородной не только у

отдельных кристаллов, но и у отдельных блоков и даже в различных участках одного и того же блока, если он упруго изогнут.

Микронапряжения могут возникать не только под влиянием неоднородности силового поля, но и за счет неоднородности концентрации в кристаллах твердого раствора. Это так же приводит к различным значениям межплоскостных расстояний в отдельных кристаллах и даже в различных точках одного и того же кристалла.

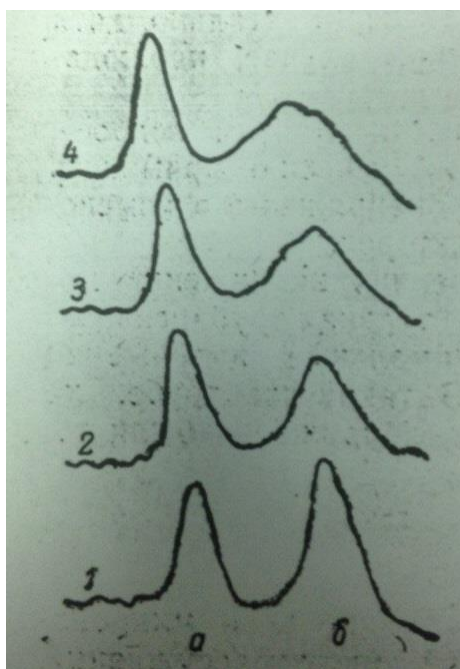


Рис. 11 Микрофотограммы со стандартного образца (а) и образцов, различно деформированных (б)

Часть металлического образца, принимающая участие в отражении рентгеновских лучей, содержит большое количество кристаллов; следовательно, нам встретятся всевозможные изменения межплоскостных расстояний в некотором интервале $\pm \Delta d$, что приведет к изменению углов в пределах $\pm \Delta \theta$. На рентгенограмме это зафиксировается получением интерференционных линий, смещенных на $\pm \Delta l$, т.е. каждая линия будет расширяться. Таким образом, ширина интерференционных линий, характеризуемая величиной $\frac{\Delta l}{l}$, определяет относительную величину неоднородной упругой деформации микрообластей сплава. На рис. 11

представлены микрофотограммы рентгенограмм, на каждой из которых одновременно снималось по два образца, один из которых недеформирован, а другой деформирован. Если на рентгенограмме от недеформированного образца интерференционные линии получились резкие, то у деформированного образца они расширенные.

В качестве экспериментальной меры ширины интерференционных линий принимается некоторая условная величина B , определяемая равенством

$$B = \frac{\int I(\vartheta) d\vartheta}{I(m)},$$

где $I(\vartheta)$ – распределение интенсивности по углам, т.е. изменение интенсивности по ширине профотометрированной линии.

Интеграл этой функции – площадь кривой интенсивности, а $I(m)$ – величина максимума кривой. Очень часто допускают, что распределение интенсивности по ширине линий происходит по закону треугольника; тогда величина B будет равна ширине интерференционной линии, измеренной на половине высоты пика (рис. 12).

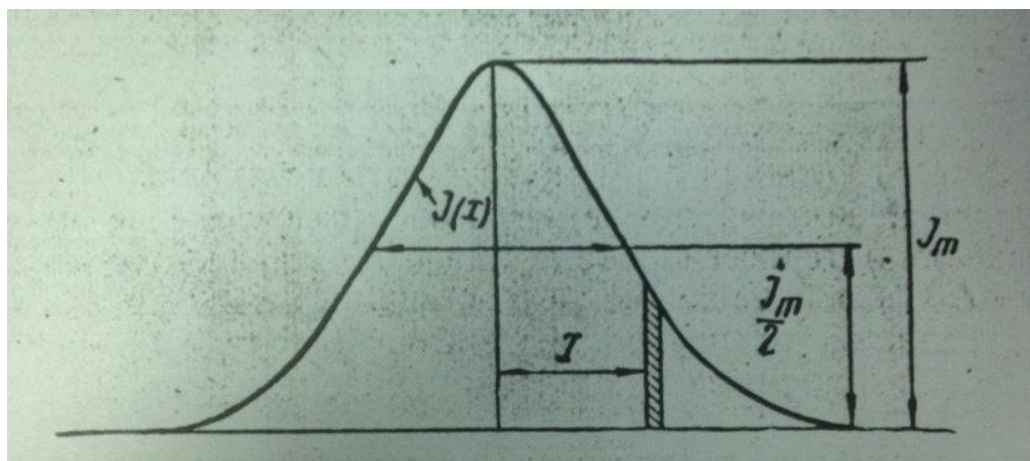


Рис. 12 Измерение ширины интерференционных линий

Если в результате деформирования ширина интерференционных линий увеличивается с b до B , то изменение ширины их $B - b = \beta$ связано с средним изменением угла $\Delta\vartheta$ (в радианах) соотношением

$$\pm\Delta\vartheta = \frac{\beta}{4R},$$

где R – радиус камеры.

$$\pm\left(\frac{\Delta a}{a}\right)_{\text{ср}} = \frac{\beta}{4Rtg\vartheta},$$

После нахождения среднего значения колебаний межплоскостного расстояния можно определить среднюю величину микронапряжений:

$$\sigma \approx E \frac{\Delta a}{a}.$$

Как показывает анализ, инструментальная ширина интерференционных линий с физическим расширением складывается не арифметически, поэтому вычислять его по формуле $B - b = \beta$ вообще нельзя. Однако расчет по этой формуле может быть верным при условии, если b значительно меньше B . Точное соотношение между величинами B , b и β определяется уравнением

$$B = \frac{b \cdot \beta}{\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)F(x)dx},$$

где $F(x)$ и $f(x)$ – функции распределения интенсивности интерференционных линий исследуемого и стандартного образцов;

x – текущая координата по ширине интерференционных линий.

Во многих случаях кривая распределения интенсивности интерференционных линий по ширине хорошо выражается функцией вида $e^{-\alpha x^2}$.

$$B^2 = b^2 + \beta^2.$$

Вместо функции $e^{-\alpha x^2}$ можно взять какую-либо другую функцию, которая лучше выражает распределение интенсивности интерференционных линий по ширине.

Истинное распределение интенсивности по ширине интерференционных линий можно определить по коэффициентам разложения в ряд Фурье, поэтому этот метод и называется методом гармонического анализа, однако он отнимает много времени из-за большого количества вычислений. [7]

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1 Методика эксперимента

4.1.1 Материал для исследований

Для определения закономерностей перераспределения полей внутренних напряжений в металле от термоциклирования в качестве материала для исследований выбран участок сварного узла из жаропрочной низколегированной стали 12Х1МФ. Химический состав данной стали по ГОСТ 29072 - 74 приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав стали 12Х1МФ

Элемент	Cr	C	Mo	V	Mn	Si	Ni	S	P	W
Содержание, %	0,9 - 1,2	0,08 - 0,15	0,25 - 0,35	0,15 - 0,3	0,4 - 0,7	0,17 - 0,37	< 0,3	<0,04	<0,04	-

Объект исследований – труба (представлена на рис. 13), имеющая посередине поперечный сварной шов, выполненный ручной электродуговой сваркой из разнородных материалов. Соединению подверглись стали марок 12Х1МФ и 12Х18Н9Т. Образцы для исследований вырезались вручную из околошовной зоны и зоны термического влияния сварки в соответствии с рисунком 14.



Рис. 13 Исходный образец

Исследованию подвергались следующие образцы:

1. Поперечный образец №3, расположенный на расстоянии 7.5мм от оси сварного шва. Зона условно названа околошовной (ОШЗ).
2. Поперечный образец №4, расположенный на расстоянии 14.5мм от оси сварного шва. Зона условно названа зоной термического влияния сварки (ЗТВ).
3. Продольный образец (№5) для микротвердости, вырезанный вдоль ОШЗ и ЗТВ.

На рис. 14 представлена схема сварного узла для исследования и экспериментальные образцы из околошовной зоны (образец №3), зоны термического влияния сварки (образец №4) и продольный образец для измерения микротвердости (образец №5).

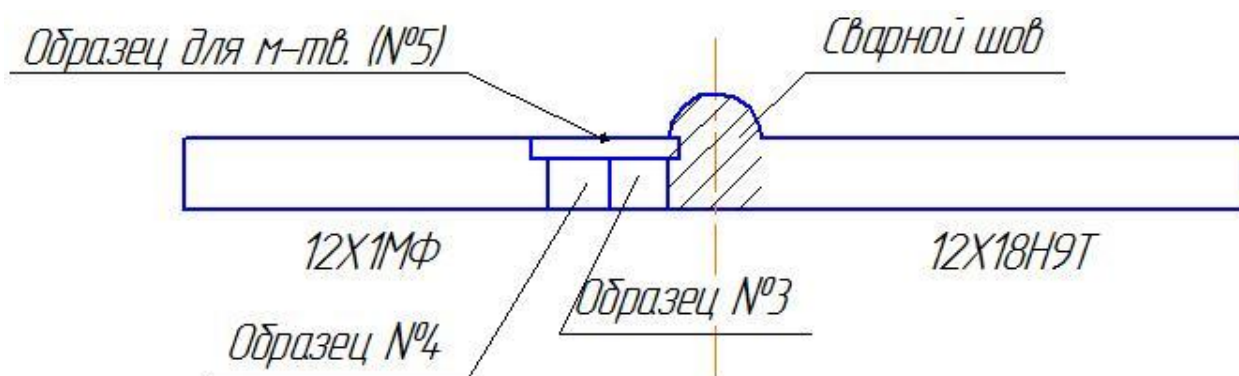


Рис. 14 Схема сварного узла и вырезки образцов

4.1.2 Методы исследований

В качестве методов исследования применены рентгенофлуоресцентный спектральный метод, метод рентгенофазового анализа и микротвердометрии.

Спектральный анализ производился с использованием штатного спектрометра EDX-2800 (рис. 15) на основе измерения спектров характеристического излучения химических элементов в исследуемом образце. Определяемые элементы идентифицировались по стандартной

рабочей кривой, предусмотренной в качестве элемента сравнения, заложенного в программу спектрометра. Полученный спектр отображался на дисплее компьютера, количественный состав устанавливался автоматически по интенсивности экспериментальных спектральных линий и их площади.



Рис. 15 – Общий вид экспериментальной установки EDX 2800 EDXRF SPECTROMETER для спектрального анализа

Рентгенофазовый анализ выполнялся на аппарате ДРОН-3,0 представленном на рис. 16.



Рис. 16 Рентгеновский дифрактометр ДРОН – 3,0

Методика рентгенометрии базируется на классической фундаментальной теории рентгеноструктурного определения внутренних

напряжений и размеров зерен кристаллов на основе апробированного математического аппарата. Наблюдаемыми в эксперименте величинами для определения микронапряжений являются угол дифракции 2θ каждой дифракционной линии, интенсивность и ширина профиля линий. Полный профиль определяется совокупным влиянием геометрического и физического факторов. Физический профиль дифракционной линии β , в свою очередь, представляет собой функцию свойств и состояния материала, обусловлен размерами кристаллитов D и величиной внутренних микронапряжений второго рода σ_{II} :

$$D = \frac{0,94 \cdot \lambda}{m_1 \cdot \cos \theta_1},$$

$$\sigma_{II} = \left(\frac{n_2}{4 \cdot \operatorname{tg} \theta_2} \right) \cdot E,$$

где m_1 – часть физического уширения первой дифракционной линии, обусловленная размерами кристаллитов; n_2 – часть физического уширения второй дифракционной линии, обусловленная микронапряжениями; E – модуль нормальной упругости

Макронапряжения I рода σ_I (зональные) устанавливаются на основании закона Гука из выражения:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\sigma_I}{E},$$

где $\Delta a/a$ – относительное удлинение параметра кристаллической ячейки при растяжении.

Измерения микротвердости проведены на микротвердомере ПМТ - 3 по методу Виккерса (метод вдавливания алмазной пирамидки).

Микротвердость по методу Виккерса определяется из выражения:

$$H_V = \frac{1854 \cdot P}{c^2}$$

где H_v – число твердости, кг/мм²; P – нагрузка, г; s – диагональ отпечатка, мкм.

Методика измерений структурной устойчивости сводилась к термоциклическому отжигу исследуемых образцов №3 и №4.

Термоциклирование проводилось в атмосфере воздуха в электропечи МИМП – 10УЭ. Циклы нагрева составляли от 100°C до 1000°C с шагом в 100°C.

Схема термоциклирования представлена на рис. 17.

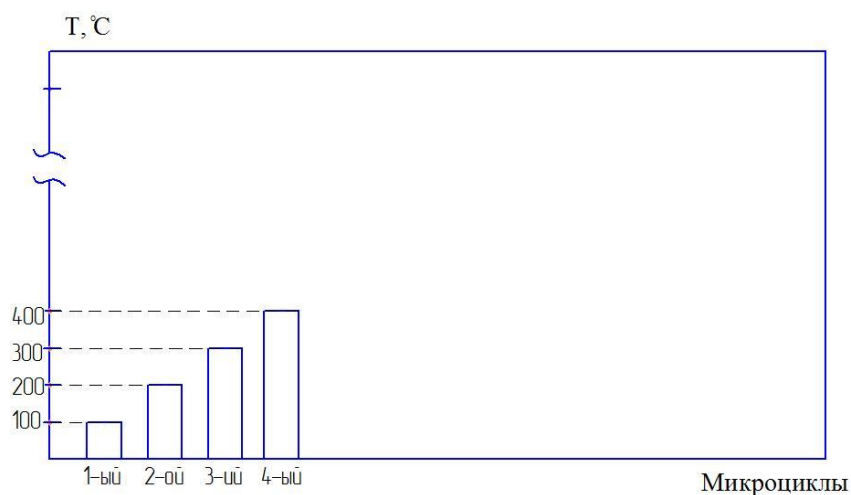


Рис. 17 Схема термоциклирования образцов для исследования

Нагрев осуществлялся от комнатной температуры до рабочей, выдержка под температурой составляла 1,5 часа, охлаждение образцов производилось вместе с печью до комнатной температуры.

После каждого цикла нагрева измерялись микротвердость и внутренние структурные напряжения I и II рода.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5BM5Б	Рудаков Роман Андреевич

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Дрон 3.0 – 2280000 руб. Высоковольтный источник питания (ВИП) – 940000 руб., Потенциометр – 5400 руб., Милливольтметр – 2700 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	–
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Дополнительная зарплата – 10%; Районный коэффициент – 30%; Отчисления на социальные нужды – 27%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Инициализация проекта Определение потенциальных потребителей
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработка устава не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ по проекту Формирование сметы проекта
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной и экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Таблица 1 – Состав и структура длительности НИР
2. Таблица 2 – Планирование НИР
3. Таблица 3 – Основная заработная плата участников НИР
4. Таблица 4 – Линейный график НИР
5. Таблица 5 – Календарный план-график выполнения НИР
6. Таблица 6 – Общая смета затрат на НИР
7. Таблица 7 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5BM5Б	Рудаков Роман Андреевич		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Темой магистерской диссертации является анализ структурной устойчивости участка трубы из стали 12Х1МФ разнородного сварного узла паропровода энергетического котла.

Целью экономической части данной научно-исследовательской работы является расчёт ее себестоимости. Для достижения этой цели необходимо решить несколько задач:

- спланировать работы по НИР;
- рассчитать основную заработную плату участников, социальные отчисления, амортизацию и прочие затраты;
- рассчитать себестоимость НИР.

5.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала

Критериями технической эффективности совершенствования того или иного технологического процесса являются повышение потребительских свойств (точность, прочность, эксплуатационный ресурс и другие характеристики), получаемого в результате изделия. Критериями экономической эффективности могут быть как количественные характеристики (снижение затрат, повышение дохода, снижение трудоёмкости), так и качественные (повышение качества продукции, её конкурентоспособности и т.д.). Эффективная технологическая инновация должна основываться на оптимальном соотношении повышения технических и экономических характеристик процесса.

Обоснование технической эффективности технологической инновации основано на достижении оптимального сочетания факторов из каждой группы. В результате обеспечения качества сварного соединения обеспечиваются повышение надёжности конструкции (изделия), снижение уровня дефектов (брака) производства, а также повышение экономической

эффективности производственного процесса через снижение трудоёмкости выполняемых работ, потребление ресурсов и увеличение производительности труда. При этом оптимальное сочетание технических характеристик должно учитывать экономическую эффективность технологической инновации, т.е. приводить к снижению общего уровня затрат на производство продукции и (или) к повышению доходов.

Основными потребителями труб являются энергетические станции различной мощности, нефтеперерабатывающие предприятия (применение в установках различных видов крекинга, печах пиролиза) России, стран СНГ и ближнего зарубежья, котлостроительные заводы, например, ТКЗ «Красный котельщик».

5.2 Организация и планирование НИР

Планирование работы заключается в составлении перечня работ, которые необходимы для выполнения поставленных в данной работе задач, определении количества участников каждой работы, установлении продолжительности работ в рабочих днях, построении линейного графика и его оптимизации.

Для того, чтобы выполнить НИР в срок при наименьших затратах средств, составляется план, в котором устанавливается количество участников по этапам, т.е. устанавливается фронт работы. Количество участников должно быть максимальным условиям выполнения того или иного этапа, в тоже время на каждом этапе должны участвовать только те работники, которые действительно необходимы для проведения данного этапа в соответствии со своей специализацией.

Состав и структура длительности НИР представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Состав и структура длительности НИР

Наименование работ	Продолжительность, %
1. Научно-теоретические исследования:	
Обоснование методики исследования	5
Разработка теоретической части темы	12
Подготовка к эксперименту	20
Экспериментальные работы	40
Анализ, выводы и предложения	10
Завершающий этап	5
2. Экспериментальные работы:	
А) Изготовление образца из трубной стали	5
Б) Съемка рентгенограммы (27 точек)	3
ИТОГО:	100

Для определения ожидаемого значения продолжительности работы применяют формулу, основанную на использовании двух оценок:

$$t_{\text{ож.}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5},$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность работы;

t_{max} – самая длительная продолжительность работы.

Планирование НИР представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Планирование НИР

Наименование работ	Продолжительность работ, дни			Исполнитель
	t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож.}}$	
1	2	3	4	5
Постановка задач	1	1	1	Руководитель группы
Ознакомление с литературой	7	14	10	Инженер
Анализ исходной информации	6	8	7	Инженер
Наладка оборудования	7	14	10	Техник, лаборант
Наработка оборудования на отказ, устранение неисправностей	7	7	7	Техник, лаборант

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
Эксперимент	45	55	49	Лаборант
Обработка результатов	14	20	16	Лаборант
Обработка результатов	14	20	16	Программист
Анализ результатов, выводы	5	7	6	Инженер
ИТОГО:	106	146	122	

5.3 Обоснование потребности в инвестициях в основной капитал

Рассчитывается смета расходов, включающая затраты на приобретение необходимого оборудования для проведения НИР и текущие расходы.

Затраты, образующие себестоимость работ, группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда (таблица 5.3);
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов и нематериальных активов;
- прочие затраты.

Таблица 5.3 – Основная заработная плата участников НИР

Наименование работ	Трудоемкость, чел. дни					Дневная ставка, руб.	Суммарная заработная плата, руб.
	Руководитель	Инженер	Техник	Лаборант	Программист		
Постановка задач	1					300	300
Ознакомление с литературой		10				175	1750
Анализ исходной информации		7				175	1225
Наладка оборудования			10			175	1750
				10		150	1500
Наработка на отказ, устранение неисправностей			7			175	1225
				7		150	1050
Эксперимент				49		150	7350
Обработка результатов				16		150	2400
Обработка результатов					16	175	2800
Анализ результатов, выводы		6				175	1050
ИТОГО	1	23	17	82	16	1950	22400

Для больших работ целесообразно применять линейный график (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Линейный график НИР

Должность	Дни												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Руководитель													
Инженер													
Техник													
Лаборант													
Программист													

Календарный план-график выполнения НИР показан в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Календарный план-график выполнения НИР

Наименование работ	t _{ож} , дни	Удельный вес		Дни													Должность
		%	Нарас- тающий, %	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Постановка задач	1	0,82	0,82														Руководитель
Ознакомление с литературой	10	8,20	9,02														Инженер
Анализ исходной информации	7	5,74	14,76														Инженер
Наладка оборудования	10	8,20	22,96														Техник, лаборант
Наработка на отказ, устранение неисправностей	7	5,74	28,70														Техник, лаборант
Эксперимент	49	40,16	68,86														Лаборант
Обработка результатов	16	13,11	81,97														Лаборант
Обработка результатов	16	13,11	95,08														Программист
Анализ результатов, выводы	6	4,92	100														Инженер
Итого	125	100															

5.4 Ведомость затрат на НИР

5.4.1 Материальные затраты:

Дрон 3.0 – 2280000 руб.,

Высоковольтный источник питания (ВИП) – 940000 руб.,

Потенциометр – 5400 руб.,

Милливольтметр – 2700 руб.

Итого: $K_{\text{мат.зат}} = 3228100$ руб.

5.4.2 Затраты на оплату труда

$Z_{\text{осн}} = 22400$ руб.,

$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot Z_{\text{осн}} = 0,1 \cdot 22400 = 2240$ руб.,

$P_{\text{коэф.}} = 0,3 \cdot 22400 = 6720$ руб.,

$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + P_{\text{коэф.}} = 31360$ руб.

5.4.3 Отчисления на социальные нужды

$C_{\text{нужды}} = 0,27 \cdot Z_{\text{общ}} = 8467,2$ руб.

5.4.4 Амортизация основных фондов

$U_{\text{аморт}} = 0,11 \cdot K_{\text{мат.зат}} \cdot (\text{вр.экспл.обор.} + \text{вр.наладки}) =$
 $= 0,11 \cdot 3228100 \cdot 0,085 = 30182,74$ руб.

5.4.5 Прочие затраты

Оплата электрической и тепловой энергии, оплата за воду

$U_{\text{электр.уст.}} = N_{\text{уст}} \cdot t_{\text{вр}} \cdot C_{\text{электр.}} =$
 $= 5 \text{ кВт/час} \cdot 448 \text{ час} \cdot 2,93 \text{ руб.кВт/час} = 6563,2$ руб.,

$U_{\text{электр.освещ.}} = 0,6 \cdot 10 \cdot 82 \cdot 2,93 = 1441,56$ руб.,

$U_{\text{на тепло}} = 1061,54 \cdot 4 = 4246,16$ руб.,

$U_{\text{на воду}} = 183,5 \cdot 4 = 734$ руб.

5.4.6 Командировочные расходы:

$U_{\text{команд.}} = 0,12 \cdot Z_{\text{общ}} = 0,12 \cdot 31360 = 3763,2$ руб.

5.4.7 Представительские расходы

$$U_{\text{предст.}} = 0,02 \cdot (Z_{\text{общ}} + C_{\text{нужды}} + U_{\text{аморт.}}) = \\ = 0,02 \cdot (31360 + 8467,2 + 30182,74) = 1400,20 \text{ руб.}$$

5.4.8 Затраты на обеспечение нормальных условий труда и ТБ

$$Z_{\text{тб}} = 0,1 \cdot Z_{\text{общ}} = 0,1 \cdot 31360 = 3136 \text{ руб.}$$

5.4.9 Расходы, связанные с управлением

$$P_{\text{упр.}} = 1,5 \cdot Z_{\text{общ}} = 1,5 \cdot 31360 = 47040 \text{ руб.}$$

5.4.10 Себестоимость по НИР

$$C = K_{\text{мат.зат.}} + Z_{\text{общ}} + C_{\text{нужды}} + U_{\text{аморт.}} + U_{\text{электр.уст.}} + U_{\text{электр.освещ}} + \\ + U_{\text{на тепло}} + U_{\text{на воду}} + U_{\text{команд}} + U_{\text{предст}} + Z_{\text{тб}} + P_{\text{упр.}} = \\ = 3228100 + 31360 + 8467,2 + 30182,74 + 6563,2 + 1441,56 + 4246,16 + \\ + 734 + 3763,2 + 1400,20 + 3136 + 47040 = 3366434,26 \text{ руб.}$$

Таблица 5.6 – Общая смета затрат на НИР

Наименование	Затраты, руб.
Материальные затраты:	
Дрон 3.0	2280000
Высоковольтный источник питания (ВИП)	940000
Потенциометр	5400
Милливольтметр	2700
Итого материальных затрат	3228100
Затраты на оплату труда:	
Основная зарплата	22400
Дополнительная зарплата	2240
Районный коэффициент	6720
Итого затрат на оплату труда	31360
Отчисления на социальные нужды	8467,2
Амортизация основных фондов	30182,74
Прочие затраты:	
Электрическая и тепловая энергия, вода	12981,92
Командировочные расходы	3763,2
Представительские расходы	1400,20
Затраты на обеспечение нормальных условий труда и ТБ	3136
Расходы, связанные с управлением	47040
Итого	3366434,26

5.5 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности результатов исследования

При сравнительной оценке эффективности исследования рассмотрим интегральный показатель эффективности разработки. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{3228100}{3366434,26} = 0,959,$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p,$$
$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a,$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путём по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

соединение 12X1МФ с 12X18Н9Т против 12X18Н9Т (справочные данные) Критерии	Весовой коэффициент параметра	соединение 12X1МФ с 12X18Н9Т	Натурный эксперимент	12X18Н9Т (справочные данные)
1. Физические свойства	0,1	4	3	3
2. Механические свойства	0,15	5	1	3
3. Длительная прочность	0,15	4	3	4
4. Ползучесть	0,20	4	3	3
5. Надёжность	0,25	5	5	4
ИТОГО	1	4,4	2,66	3,4

Как видно из таблицы 5.7 самый низкий интегральный показатель ресурсоэффективности при проведение натурного эксперимента. Для дальнейших расчётов будут использованы показатели соединения 12X1МФ с 12X18Н9Т и 12X18Н9Т (справочные данные).

Интегральный показатель эффективности соединения 12X1МФ с 12X18Н9Т и 12X18Н9Т (справочные данные) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,4}{0,959} = 4,588,$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} = \frac{3,4}{0,959} = 3,545.$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} = \frac{4,588}{3,545} = 1,294,$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{мэ}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{мэ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

В результате данного расчёта было выявлено, что, если сравнивать по интегральному показателю соединение 12Х1МФ с 12Х18Н9Т и 12Х18Н9Т (справочные данные), то соединение 12Х1МФ с 12Х18Н9Т на 1,294 эффективнее 12Х18Н9Т (справочные данные).

В ходе работы был произведён расчёт себестоимости научно-исследовательской работы, проведена планировка выполнения работ, определены участники и построены линейные и календарные графики. В конечном итоге себестоимость данной НИР определена и составляет 3366434,26 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ВМ4Б	Рудакову Роману Андреевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Рассматриваемая рабочая зона представляет собой аудиторию № 223 четвертого корпуса НИ ТПУ, в которой студентом проводилась работа по исследованию сопротивления пластическому деформированию материалов для энергомашиностроения для магистерской диссертации. В частности, выполнялись рентгеносъёмка, измерение данных и обработка их на компьютере. В помещении существует опасность поражения рентгеновским излучением, электрическим токами возникновения возгорания. Помимо этого, на находящихся в таком помещении людей могут оказывать влияние вредные факторы, такие как некачественное освещение, шум, электромагнитное излучение, запылённость и ненадлежащее состояние микроклимата.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты) 	<p><i>Основными вредными факторами при работе в рассматриваемой рабочей зоне являются факторы, связанные с качеством освещения, уровнем шума, состоянием микроклимата, запылённостью и интенсивностью излучения. Необходимо определить нормативные значения данных факторов для данного помещения. Предложить мероприятия по уменьшению воздействия вредных факторов и привести возможные средства защиты.</i></p> <p><i>Основными опасными факторами для данного помещения являются возможность поражения рентгеновским излучением, электрическим током и возникновение пожара. Источниками возникновения данных факторов являются работающее рентгеновское (ДРОН 3) и другое электрооборудование и неправильное обращение с ним. Необходимо рассмотреть средства и мероприятия по организации безопасной работы с ним, а также средства защиты (например, месторасположение и порядок использования средств пожаротушения).</i></p>

2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Рассматриваемая рабочая зона не оказывает существенного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу. Срок эксплуатации комплектующих данного оборудования достаточно велик. По истечении срока службы часть оборудования передается на восстановление, а часть поступает в отходы.</i></p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p><i>Наиболее возможными ЧС в рассматриваемой рабочей зоне является возникновение пожара. Рассмотреть средства, определяющие действия при возникновении ЧС и ликвидации их последствий (например, план эвакуации и средства пожаротушения).</i></p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Определить порядок и организацию работы в рассматриваемом помещении, обеспечивающие безопасные и комфортные условия труда, с соблюдением санитарных и технологических норм</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Рудаков Роман Андреевич		

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1 Рудаков Р.А., Фисенко Р.Н. Методика исследований структурной устойчивости сварных соединений разнородных сталей // Молодая мысль – развитию энергетики: материалы I(XVI) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов, Братск, 19-22 Апреля 2016. - Братск: БрГУ, 2016 - С. 206-209

2 Бреус С.С., Кавун Д.А., Рудаков Р.А. Методика исследования структурной устойчивости композитных сварных соединений // Молодая мысль – развитию энергетики: материалы I(XVI) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов, Братск, 19-22 Апреля 2016. - Братск: БрГУ, 2016 - С. 126-130